

|                                   |                            |                                |   |  |
|-----------------------------------|----------------------------|--------------------------------|---|--|
| <b>THOMSON</b><br><b>DELPHION</b> |                            | <b>RESEARCH</b>                | <b>PRODUCTS</b>                                       | <b>INSIDE DELPHION</b>   |
| <a href="#">Log Out</a>           | <a href="#">Work Files</a> | <a href="#">Saved Searches</a> | <a href="#">My Account</a>   <a href="#">Products</a> | Search: <a href="#">Quick/Number</a> <a href="#">Boolean</a> <a href="#">Advanced</a> <a href="#">Derive</a> |

## The Delphion Integrated View

Get Now: PDF | [More choices...](#)

Tools: Add to Work File: [Create new Wor](#)

View: [Expand Details](#) | [INPADOC](#) | Jump to: [Top](#)

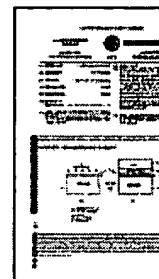
Email

? Title: **WO02064865A1: SEMICONDUCTOR CRYSTAL GROWING METHOD A SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE**[\[French\]](#)

? Country: **WO** World Intellectual Property Organization (WIPO)

? Kind: **A1** Publ. of the Int. Appl. with Int. search report

? Inventor: **NAGAI, Seiji**; c/o TOYODA GOSEI CO., LTD., 1, Aza-Nagahata, Ooaza-Ochiai, Haruhi-cho, Aichi-gun, Aichi 452-8564, Japan  
**TOMITA, Kazuyoshi**; c/o KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO, 41-1, Aza Yokomichi, Oaza Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi 480-1192, Japan  
**IROKAWA, Yoshihiro**; c/o KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO, 41-1, Aza Yokomichi, Oaza Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi 480-1192, Japan  
**KACHI, Tetsu**; c/o KABUSHIKI KAISHA TOYOTA CHUO KENKYUSHO, 41-1, Aza Yokomichi, Oaza Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi 480-1192, Japan



? Assignee: **TOYODA GOSEI CO., LTD.**, 1, Aza-Nagahata, Ooaza-Ochiai, Haruhi-cho, Nishikasugai-gun, Aichi 452-8564, Japan  
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

? Published / Filed: **2002-08-22 / 2002-02-12**

? Application Number: **WO2002JP0001168**

? IPC Code: **C30B 25/18; H01L 21/205;**

? ECLA Code: **C30B25/18; H01L21/762D8B; H01L33/00G3D;**

? Priority Number: 2001-02-14 **JP2001000036568**

? Abstract: A semiconductor crystal growing method for growing crystal of a semiconductor substance different from the material of the substrate, on this substrate, characterized in that ions are injected from the crystal growing face of the substrate before the crystal growth is started. A semiconductor light-emitting element characterized by comprising semiconductor crystal manufactured by such a crystal growing method and serving as at least a crystal growing substrate. In the crystal growing process, the substrate breaks along the ion-injected layer and finally separated into a thin-film portion and a main portion. By the method for manufacturing a semiconductor crystal, it is possible to manufacture a single crystal of gallium nitride which is more excellent in crystallinity and cracks less than the prior art. [\[French\]](#) [\[Japanese\]](#)

? Attorney, Agent or Firm: **FUJITANI, Osamu** ; Tsuchiya Bldg. 3F, 23, Ichibanagi Dohri 1-chome, Nakagawa-ku, Nagoya-shi, Aichi 454-0905 Japan

? INPADOC

Legal Status: [Show legal status actions](#)[Get Now: Family Legal Status Report](#)

⚙️ Designated Country: AE AG AL AM AT AU AZ BA BB BG BR BY BZ CA CH CN CO CR CU  
 CZ DE DK DM DZ EC EE ES FI GB GD GE GH GM HR HU ID IL IN IS  
 KE KG KP KR KZ LC LK LR LS LT LU LV MA MD MG MK MN MW MX  
 MZ NO NZ OM PH PL PT RO RU SD SE SG SI SK SL TJ TM TN TR TT  
 TZ UA UG US UZ VN YU ZA ZM ZW, **European patent:** AT BE CH CY  
 DE DK ES FI FR GB GR IE IT LU MC NL PT SE TR, **OAPI patent:** BF  
 BJ CF CG CI CM GA GN GQ GW ML MR NE SN TD TG, **ARIPO patent:**  
 GH GM KE LS MW MZ SD SL SZ TZ UG ZM ZW, **Eurasian patent:** AM  
 AZ BY KG KZ MD RU TJ TM

⚙️ Family: [Show 4 known family members](#)

⚙️ Other Abstract: None

Info:

[Nominate](#)[this for the Gallery...](#)

© 1997-2004 Thomson

[Research Subscriptions](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#) | [†](#)

(19) 世界知的所有権機関  
国際事務局



(43) 国際公開日  
2002 年 8 月 22 日 (22.08.2002)

PCT

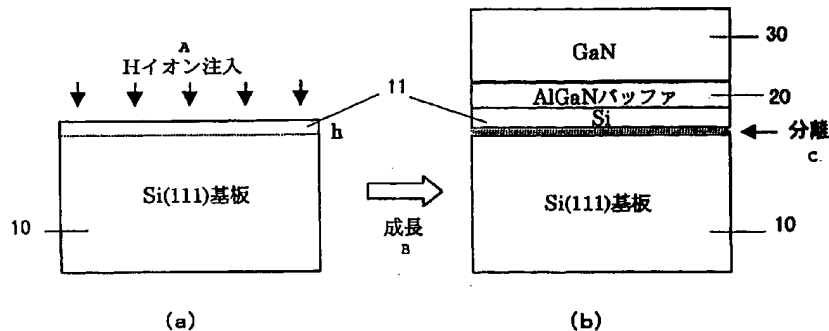
(10) 国際公開番号  
WO 02/064865 A1

- (51) 国際特許分類<sup>7</sup>: C30B 25/18, H01L 21/205 (72) 発明者; および  
(75) 発明者/出願人 (米国についてののみ): 永井 誠二 (NAGAI, Seiji) [JP/JP]; 〒452-8564 愛知県 西春日井郡春日町 大字落合字長畑 1 番地 豊田合成株式会社内 Aichi (JP). 富田 一義 (TOMITA, Kazuyoshi) [JP/JP]; 〒480-1192 愛知県 愛知郡長久手町 大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP). 色川 芳宏 (IROKAWA, Yoshihiro) [JP/JP]; 〒480-1192 愛知県 愛知郡長久手町 大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP). 加地 徹 (KACHI, Tetsu) [JP/JP]; 〒480-1192 愛知県 愛知郡長久手町 大字長湫字横道 4 1 番地の 1 株式会社豊田中央研究所内 Aichi (JP).
- (21) 国際出願番号: PCT/JP02/01168
- (22) 国際出願日: 2002 年 2 月 12 日 (12.02.2002)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:  
特願2001-36568 2001 年 2 月 14 日 (14.02.2001) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): 豊田合成株式会社 (TOYODA GOSEI CO., LTD.) [JP/JP]; 〒452-8564 愛知県 西春日井郡春日町 大字落合字長畑 1 番地 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 藤谷 修 (FUJITANI, Osamu); 〒454-0905 愛知県 名古屋市中川区 一柳通 1 丁目 2 3 番地 土屋ビル 3 階 Aichi (JP).

[続葉有]

(54) Title: SEMICONDUCTOR CRYSTAL GROWING METHOD AND SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

(54) 発明の名称: 半導体の結晶成長方法及び半導体発光素子



A...INJECTION OF H IONS  
10...Si(111) SUBSTRATE  
B...GROWTH  
20...AlGaIn BUFFER  
C...SEPARATION

(57) Abstract: A semiconductor crystal growing method for growing crystal of a semiconductor substance different from the material of the substrate, on this substrate, characterized in that ions are injected from the crystal growing face of the substrate before the crystal growth is started. A semiconductor light-emitting element characterized by comprising semiconductor crystal manufactured by such a crystal growing method and serving as at least a crystal growing substrate. In the crystal growing process, the substrate breaks along the ion-injected layer and finally separated into a thin-film portion and a main portion. By the method for manufacturing a semiconductor crystal, it is possible to manufacture a single crystal of gallium nitride which is more excellent in crystallinity and cracks less than the prior art.

[続葉有]



(81) 指定国 (国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

許 (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, TR), OAPI 特許 (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:  
— 国際調査報告書

(84) 指定国 (広域): ARIPO 特許 (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特

2文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCTガゼットの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

(57) 要約:

本発明は、下地基板上に前記下地基板とは相異なる半導体物質を結晶成長させる半導体の結晶成長方法であって、前記結晶成長を開始する前に、前記下地基板の結晶成長面よりイオンを注入することを特徴とする半導体の結晶成長方法、及びその結晶成長方法を用いて製造された半導体結晶を少なくとも結晶成長基板として有することを特徴とする半導体発光素子である。前記の結晶成長過程において、下地基板はイオン注入層を境に破断し、最終的には薄膜部と主要部に分離される。

本発明の半導体結晶の製造方法により、従来よりも結晶性に優れた、クラックの少ない窒化ガリウムの単結晶を得ることができる。

## 明 細 書

半導体の結晶成長方法及び半導体発光素子

## 5 技 術 分 野

本発明は、下地基板上にその下地基板とは相異なる半導体物質を結晶成長させて半導体結晶を得る「半導体の結晶成長方法」に関する。

## 10 背景技術

図4に例示する様に、シリコン基板上に窒化ガリウム（GaN）を結晶成長させ、その後常温まで冷却すると、GaN成長層に転位やクラックが多数入ることが一般に知られている。

- 15 この様に、成長層に転位やクラックが多数入ると、その上にデバイスを作製した場合に、デバイス中に格子欠陥や転位、変形、クラック等が多数生じる結果となり、デバイス特性の劣化を引き起こす原因となる。

- 20 また、シリコン（Si）基板を除去し、成長層のみを残して、独立した基板を得ようとする場合、上記の転位やクラック等の作用により、大面積（1 cm<sup>2</sup> 以上）のものが得られ難い。

- そこで、従来より、例えばこの様な所謂ヘテロエピタキシャル成長によって良質の半導体結晶を得る手段として、  
25 ては、次の様な施策が取られてきた。

（従来手段1）

低温堆積緩衝層を基板上に成膜する。例えばAlGa

N, AlN, GaN、或いは、AlGaInN等のIII族窒化物半導体を低温で堆積させて、格子定数差に基づく内部応力を緩和する所謂バッファ層を成膜する方法である。

5 (従来手段2)

目的とする半導体結晶に格子定数が近い材料を結晶成長基板の材料として選択する。例えば、単結晶の窒化ガリウム(GaN)を目的の半導体結晶とする場合等には、炭化シリコン(SiC)を結晶成長基板の材料として選

10 択する。

発明の開示

しかしながら、バッファ層を用いても、目的の半導体結晶と基板との間に生じる応力は十分には緩和できない。

15 即ち、上記の様なバッファ層は応力の一部しか緩和できず、例えば、サファイヤ基板上に窒化ガリウム(GaN)を結晶成長させる際等には、GaN低温堆積緩衝層を用いたとしても、かなりの数の欠陥が目的の半導体結晶(窒化ガリウム層)に発生する。

20 また、目的の半導体結晶に近い格子定数を有する基板を用いる場合、格子定数差に起因する応力を緩和することはできても、熱膨張係数差に基づく応力を緩和することは難しく、結晶成長後の降温時等にかかなりの数の欠陥が目的の半導体結晶(窒化ガリウム層)に発生すること

25 になる。

また、クラックも発生し、自立した大面積の半導体結晶が得られ難い。

本発明は、上記の課題を解決するために成されたものであり、その目的は、クラックが無く、転位の密度が低い高品質の半導体結晶を得ることである。

5      上記の課題を解決するためには、以下の手段が有効である。

即ち、第1の手段は、下地基板上にその下地基板とは相異なる半導体物質を結晶成長させる半導体の結晶成長手順において、結晶成長を開始する前に下地基板の結晶  
10 成長面よりイオンを注入することである。

また、第2の手段は、上記の第1の手段において、上記の結晶成長後に下地基板を昇温又は降温することにより下地基板の一部又は全部を破断させることである。

また、第3の手段は、上記の第1又は第2の手段において、結晶成長面から20  $\mu\text{m}$ 以内の深さにイオンを注  
15 入することである。

また、第4の手段は、上記の第1乃至第3の何れか1つの手段において、注入するイオンとして、水素イオン ( $\text{H}^+$ )、又はヘリウムイオン ( $\text{He}^+$ ) を用いること  
20 である。

また、第5の手段は、上記の第1乃至第4の何れか1つの手段において、イオンの結晶成長面に対する単位面積当りの注入量を「 $1 \times 10^{15} [\text{/cm}^2] \sim 1 \times 10^{20} [\text{cm}^2]$ 」にすることである。

25      また、第6の手段は、上記の第1乃至第5の何れか1つの手段において、上記の下地基板の材料として、シリコン ( $\text{Si}$ )、サファイア ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、炭化シリコン

(SiC), 砒化ガリウム (GaAs), 酸化亜鉛 (ZnO), 酸化ガリウムネオジウム (NdGaO<sub>3</sub>), 酸化ガリウムリチウム (LiGaO<sub>2</sub>) 又は、酸化アルミニウムマグネシウム (MgAl<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) を選択することである。

5 また、第7の手段は、上記の第1乃至第6の何れか1つの手段において、上記の半導体物質を III 族窒化物系化合物半導体とすることである。

ただし、ここで言う「III 族窒化物系化合物半導体」一般には、2元、3元、又は4元の「Al<sub>x</sub>Ga<sub>y</sub>In<sub>1-x-y</sub>N (0 ≤ x ≤ 1, 0 ≤ y ≤ 1, 0 ≤ x + y ≤ 1)」  
 10 成る一般式で表される任意の混晶比の半導体が含まれ、更に、これらの組成比 x, y 等を殆ど左右しない程度の微量若しくは少量の p 型或いは n 型の不純物が添加された半導体も、本明細書の「III 族窒化物系化合物半導体」  
 15 の範疇とする。

従って、例えば2元系や或いは3元系の「III 族窒化物系化合物半導体」の場合、AlN、GaN、InN や、或いは、任意又は適当な混晶比の AlGaN、AlInN、GaInN 等は言うまでもなく、これらの各種半導  
 20 体の組成比を殆ど左右しない程度の微量若しくは少量の p 型或いは n 型の不純物が添加された半導体も、本明細書の「III 族窒化物系化合物半導体」に含まれる。

また、更に、上記の III 族元素 (Al, Ga, In) の内の一部をボロン (B) やタリウム (Tl) 等で置換  
 25 したり、或いは、窒素 (N) の一部をリン (P) や砒素 (As)、アンチモン (Sb)、ビスマス (Bi) 等で置換したりした半導体等もまた、本明細書の「III 族窒化



物系化合物半導体」の範疇とする。

また、上記の p 型の不純物としては、例えば、マグネシウム (Mg) や、或いはカルシウム (Ca) 等を添加することができる。

- 5      また、上記の n 型の不純物としては、例えば、シリコン (Si) や、硫黄 (S)、セレン (Se)、テルル (Te)、或いはゲルマニウム (Ge) 等を添加することができる。

- 10      また、これらの不純物は、同時に 2 元素以上を添加しても良いし、同時に両型 (p 型と n 型) を添加しても良い。

また、第 8 の手段は、上記の第 1 乃至第 7 の何れか 1 つの手段において、イオンの注入後、結晶成長の開始前に、下地基板を熱処理することである。

- 15      また、第 9 の手段は、半導体発光素子において、上記の第 1 乃至第 8 の何れか 1 つの手段によって製造された半導体結晶を少なくとも結晶成長基板として備えることである。

- 20      また、第 10 の手段は、上記の第 1 乃至第 8 の何れか 1 つの手段によって製造された半導体結晶を少なくとも結晶成長基板として利用した結晶成長により、目的の半導体発光素子を製造することである。

以上の手段により、前記の課題を解決することができる。

25

イオンが注入される下地基板の表面 (イオン注入面) の全面に渡って、イオンの加速電圧を同一レベルとし、

その加速電圧を一定時間保てば、イオンが注入される下地基板の表面（イオン注入面）からの深さも略一定に維持される。即ち、この様なイオン注入によれば、イオン密度が最も高くなる深さ（最大密度の深さ $h$ ）は上記の  
5 加速電圧に略比例し、このイオン注入面の全面にわたって略一様となる。以下、「最大密度の深さ $h$ 」近傍の、イオン密度が局所的に高くなっている層を「イオン注入層」と言う。

また、下地基板中に注入されたイオンは、例えば昇温  
10 過程において膨張したり気化したりする等の、主に物理的な状態変化を起こす。そして、これらの状態変化は、下地基板の熱膨張等の状態変化よりも格段に大きな状態変化として発現する。

このため、イオン注入した上記の下地基板を結晶成長  
15 基板として用いた場合、結晶成長温度や昇降温過程等において、上記のイオン注入層を境に下地基板の部分的な破断が起きる。これらの下地基板は、最終的にはイオン注入面側の薄膜部と元来の主要部とに分離する。

したがって、この薄膜部上に成長した目的の半導体結  
20 晶には、基板（薄膜部）が非常に薄く部分的に分離されているために、格子定数差に基づく応力が殆ど作用しない。このため、目的の半導体結晶は、従来よりも結晶性に優れた良好なものとなる。

更に、結晶成長後の降温過程においても、基板（薄膜  
25 部）が非常に薄く部分的に分離されているために、この薄膜部上に成長した目的の半導体結晶と下地基板との熱膨張係数差に基づく応力により、降温過程の比較的初期

に、イオン注入層を境にイオン注入面側の薄膜部と元来の主要部とに分離する。このため、それ以降、薄膜部とこの薄膜部上に成長した目的の半導体結晶には、熱膨張係数差に基づく応力が殆ど作用しない。

- 5      これらの作用により、本発明の手段を用いれば、クラックが無く、転位の密度が低い高品質の半導体結晶を得ることができる。

尚、注入するイオンの深さ（最大密度の深さ $h$ ）は、目的の半導体結晶の厚さよりも薄い方が望ましく、一般  
10      的な絶対的目安としては、 $20\mu\text{m}$ 以内が望ましい。この厚さが厚過ぎると、上記の応力が十分には緩和されない。

また、上記の下地基板の材料としては、公知の結晶成長基板の材料が有効であり、例えば、シリコン（ $\text{Si}$ ）、  
15      サファイア（ $\text{Al}_2\text{O}_3$ ）、炭化シリコン（ $\text{SiC}$ ）、砒化ガリウム（ $\text{GaAs}$ ）、酸化亜鉛（ $\text{ZnO}$ ）、酸化ガリウムネオジウム（ $\text{NdGaO}_3$ ）、酸化ガリウムリチウム（ $\text{LiGaO}_2$ ）又は、酸化アルミニウムマグネシウム（ $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ）等を結晶成長基板（上記の下地基板）と  
20      して用いた結晶成長に関して、上記の作用・効果を得ることができる。

#### 図面の簡単な説明

- 25      第1図は、本発明の実施例に係わる半導体の模式的な断面図。

第2図は、イオンが注入される深さに対する注入イオ

ン数（密度）を例示するグラフ。

第3図は、イオンの注入エネルギーに対するイオンが注入される深さ（最大密度の深さ $h$ ）を例示するグラフ。

第4図は、従来の半導体結晶の結晶成長状態を例示する模式的な断面図。

発明を実施するための最良の形態

以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。

ただし、本発明は以下に示す実施例に限定されるものではない。又、発明の開示の欄に記載した事項も発明を実施するための最良の形態でもある。

（1）イオン注入基板（下地基板）の作製

Si(111)基板（下地基板）に、略常温で水素イオン（ $H^+$ ）を $1 \times 10^{16} / cm^2$ のドーズ量で、加速電圧10 keVのエネルギーで注入する（図1（a））。

図2は、この時のイオンが注入される深さに対する注入イオン数（密度）を例示したグラフである。本図2からも判る様に、このイオン注入により、表面（イオン注入面）からの深さが100 nm前後の所に、イオン密度が局所的に高いイオン注入層が形成される。

（2）GaN/Si結晶成長

その後、有機金属化合物気相成長法（MOVPE法）にて、以下の結晶成長を実施する。

即ち、まず、上記のSi基板（下地基板）10のイオン注入面上に、約1100℃でAlGaNより成るバッファ層20を約300 nm成長し、更にその上に、1050℃で目的の半導体結晶である窒化ガリウム（GaN）

層 30 を約 200  $\mu\text{m}$  成長する (図 1 (b))。この結晶成長前の昇温過程において、上記の Si 基板 10 は、その表面 (イオン注入面) から  $h = 100\text{nm}$  前後に位置する上記のイオン注入層を境に部分的に破断し、最終的に、成長後の降温過程において膜厚約 100 nm の薄膜部 11 と Si 基板 10 の主要部とに分離される。

以上の半導体結晶の製造方法により、従来よりも結晶性に優れた、クラックのない窒化ガリウム (GaN) の単結晶を得ることができる。

従って、この様な良質の単結晶を、例えば結晶成長基板等の半導体発光素子の一部として用いれば、発光効率が高いか、或いは駆動電圧が従来よりも抑制された、高品質の半導体発光素子や半導体受光素子等の半導体製品を製造することが可能又は容易となる。

また、この様な良質の単結晶を用いれば、光素子のみならず、耐圧性の高い半導体パワー素子や高い周波数まで動作する半導体高周波素子等の所謂半導体電子素子の製造も、可能又は容易にすることができる。

以下、上記の実施例とは独立に、本発明の実施形態の変形可能な範囲に付いて例示する。

ただし、これらの変形は、上記の実施例に対してもそれぞれ適用可能なものである。

例えば、上記の実施例においては、有機金属化合物気相成長法 (MOVPE 法) を用いたが、本発明の結晶成長は、ハイドライド気相成長法 (HVPE 法) 等によっても実施可能である。

また、水素イオン ( $\text{H}^+$ ) の代わりに ( $\text{He}^+$ ) を用

いても、上記の実施例と略同様の作用・効果を得ることができる。

また、水素イオンのドーズ量は、下地基板の材質等にも依存するが、概ね  $1 \times 10^{15} [/\text{cm}^2] \sim 1 \times 10^{20}$   
5  $[/\text{cm}^2]$  の範囲において有効で、この条件下において上記と略同様の作用・効果を得ることができる。より望ましくは、水素イオンのドーズ量は、 $3 \times 10^{15} \sim 1 \times 10^{17} [/\text{cm}^2]$  程度が良く、更に望ましくは、 $8 \times 10^{15} \sim 2 \times 10^{16} [/\text{cm}^2]$  程度が良い。ドーズ量を適  
10 当な量に選べば、下地基板の薄膜部と主要部とを、結晶成長過程において分離することも可能である。

また、この値が小さ過ぎると、下地基板から薄膜部を確実に分離させることが困難となる。また、この値が大き過ぎると、薄膜部へのダメージが大きくなり、下地基  
15 板から薄膜部を略一様な厚さで綺麗につながった形状に分離させることが困難となる。

また、入射エネルギーを可変として、下地基板から分離する薄膜部の厚さを制御することも可能である。図3に、イオンの注入エネルギーに対するイオンが注入される深さ（最大密度の深さh）の測定結果を例示する。例  
20 えば、この様に、イオンが注入される深さ（最大密度の深さh）は、イオンの注入エネルギーに略比例するので、入射エネルギー（加速電圧）を調整することにより、薄膜部の厚さを適当に制御することができる。

25 また、イオン注入後の結晶成長開始前に熱処理を行うことにより、予めイオン注入層における部分的な破断部（ボイド）を形成すると同時に、イオン照射によってダ

メージを受けた下地基板のイオン注入部の結晶性を回復させることができる。また、これにより、その上に成長する半導体の結晶性を向上させることができる。

また、薄膜部の厚さは、 $20\text{ }\mu\text{m}$ 以下が望ましい。この厚さが薄い程、目的の半導体結晶に対する引っ張り応力が緩和されて、転位やクラックの発生密度が減少する。従って、より望ましくは、薄膜部の厚さは $2\text{ }\mu\text{m}$ 以下が良く、更に望ましくは $200\text{ nm}$ 以下が良い。これらの値を実現するためには、前述の図3などに従って、注入イオン数のピークがこの程度の深さになる様にイオンの注入エネルギー（加速電圧）を調整すれば良い。

ただし、イオン注入層が厚くなってしまうと、薄膜部の厚さを制御し難くなるため、イオン注入層の厚さ等にも注意を要する。

イオン注入層の厚さは、厳密には定義できないが、例えば図2の注入イオン数のピーク値に対する半値幅等が1つの目安になり得る。上記の薄膜部の厚さは、このイオン注入層の厚さを薄くする程制御し易くなる。

従って、イオンの注入エネルギー（加速電圧）を極力一定値に保つ等の手段が、薄膜部の厚さを正確に制御する上で有効となる。

また、相対的には、結晶成長させる目的の半導体結晶の厚さは、薄膜部の厚さと略同等以上とすることが望ましい。この様な設定により、所望の半導体結晶に対する応力が緩和され易くなり、転位やクラックの発生を従来よりも大幅に抑制することが可能となる。この応力緩和効果は、目的の半導体結晶を相対的に厚くする程大きく

なる。また、この応力緩和効果は、薄膜部の厚さ等にも依存するが、薄膜部の厚さが  $20\text{ }\mu\text{m}$  以下の場合には、約  $50\sim 200\text{ }\mu\text{m}$  程度で略飽和する。

5 尚、本発明は、下地基板や目的の半導体結晶の種類（材質）に特段の制限が無く、前述の下地基板及び半導体結晶の各材料同士の任意の組み合わせを含め、公知或いは任意の種類のヘテロエピタキシャル成長に適用することができる。

10 尚、本発明を示すにあたり最も実用的で適切な例として上記の実施例を用いたが、本発明は上記の実施例のみに限定されるものではなく、本発明の範囲内での他の変形例や応用例を含むものである。



## 請 求 の 範 囲

1. 下地基板上に前記下地基板とは相異なる半導体物質を結晶成長させる、半導体の結晶成長方法であって、
- 5 前記結晶成長を開始する前に、前記下地基板の結晶成長面よりイオンを注入することを特徴とする半導体の結晶成長方法。
2. 前記結晶成長後、前記下地基板を昇温又は降温することにより、前記下地基板の一部又は全部を破断させることを特徴とする請求項1に記載の半導体の結晶成長方法。
- 10 前記結晶成長面から20  $\mu\text{m}$  以内の深さに、前記イオンを注入することを特徴とする請求項1または請求項2に記載の半導体の結晶成長方法。
- 15 4. 前記イオンが、水素イオン ( $\text{H}^+$ )、又は、ヘリウムイオン ( $\text{He}^+$ ) であることを特徴とする請求項1乃至請求項3の何れか1項に記載の半導体の結晶成長方法。
5. 前記イオンの前記結晶成長面に対する単位面積当りの注入量を  $1 \times 10^{15} [\text{/cm}^2]$  以上、 $1 \times 10^{20}$
- 20  $[\text{cm}^2]$  以下としたことを特徴とする請求項1乃至請求項4の何れか1項に記載の半導体の結晶成長方法。
6. 前記下地基板をシリコン ( $\text{Si}$ )、サファイア ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ )、炭化シリコン ( $\text{SiC}$ )、砒化ガリウム ( $\text{GaAs}$ )、酸化亜鉛 ( $\text{ZnO}$ )、酸化ガリウムネオジム ( $\text{NdGaO}_3$ )、酸化ガリウムリチウム ( $\text{LiGaO}_2$ ) 又は、酸化アルミニウムマグネシウム ( $\text{MgAl}_2\text{O}_4$ ) としたことを特徴とする請求項1乃至請求項5の何れか

1 項に記載の半導体の結晶成長方法。

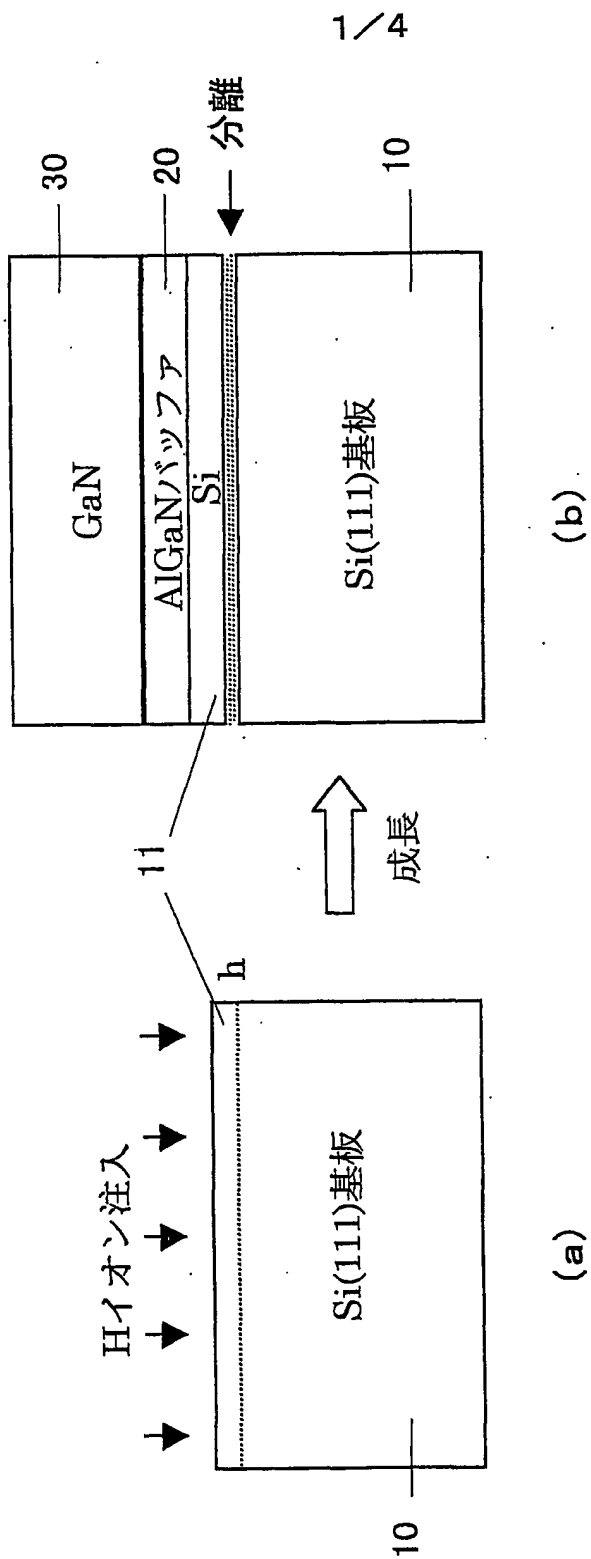
7. 前記半導体物質を III 族窒化物系化合物半導体としたことを特徴とする請求項 1 乃至請求項 6 の何れか 1 項に記載の半導体の結晶成長方法。

5      8. 前記イオンの注入後、前記結晶成長の開始前に、前記下地基板の前記結晶成長面を熱処理することを特徴とする請求項 1 乃至請求項 7 の何れか 1 項に記載の半導体の結晶成長方法。

9. 請求項 1 乃至請求項 8 の何れか 1 項に記載の製造  
10 方法を用いて製造された前記半導体結晶を少なくとも結晶成長基板として有することを特徴とする半導体発光素子。

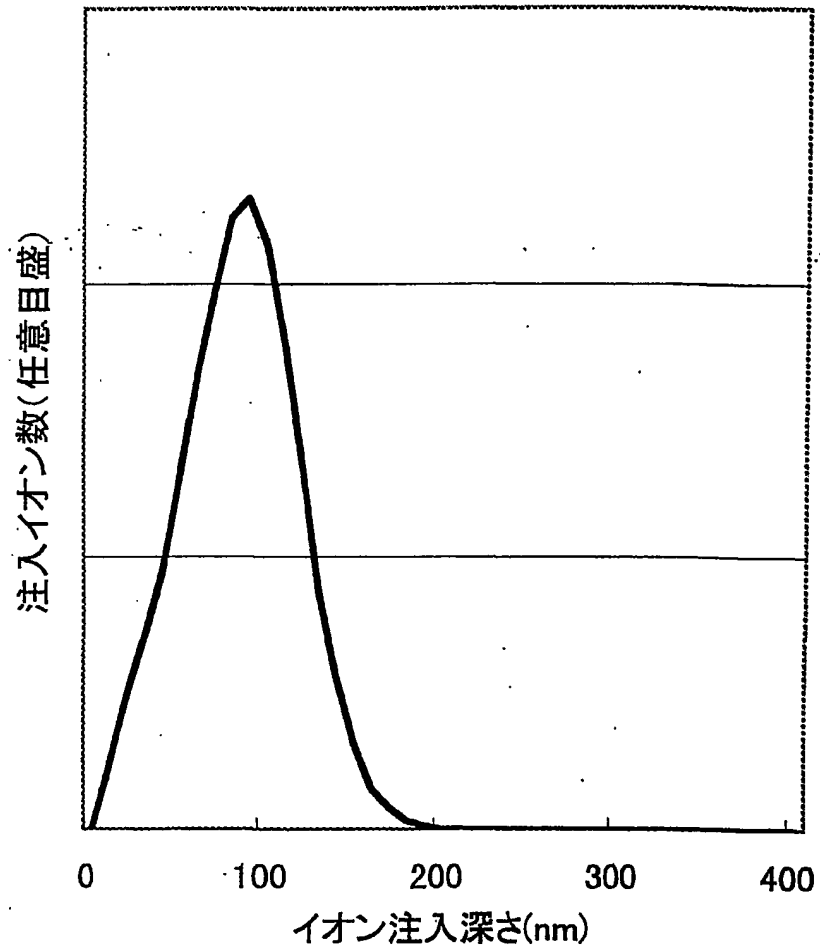
10. 請求項 1 乃至請求項 8 の何れか 1 項に記載の製造方法を用いて製造された前記半導体結晶を少なくとも  
15 結晶成長基板として利用した結晶成長により製造されたことを特徴とする半導体発光素子。

第1図

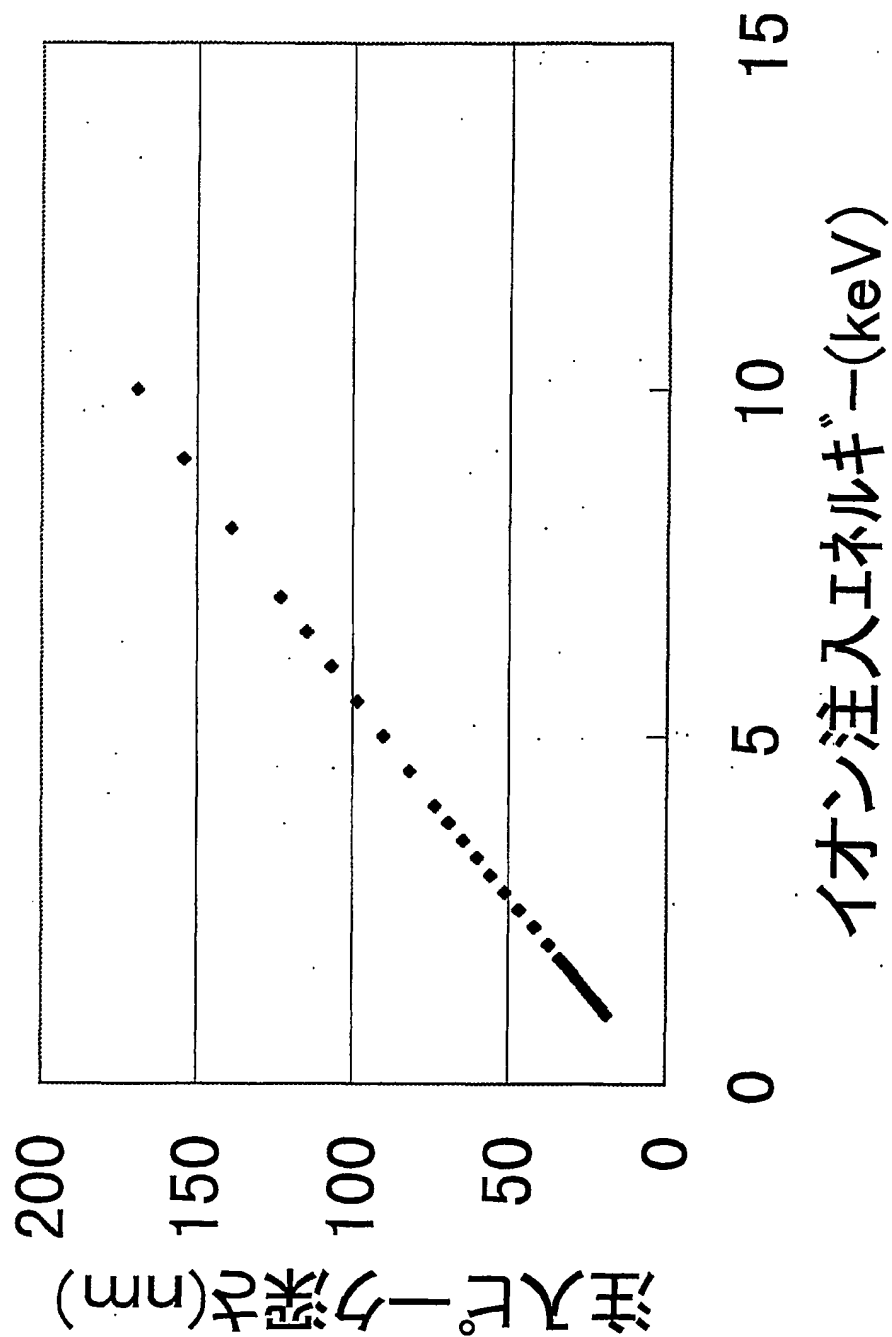


2/4

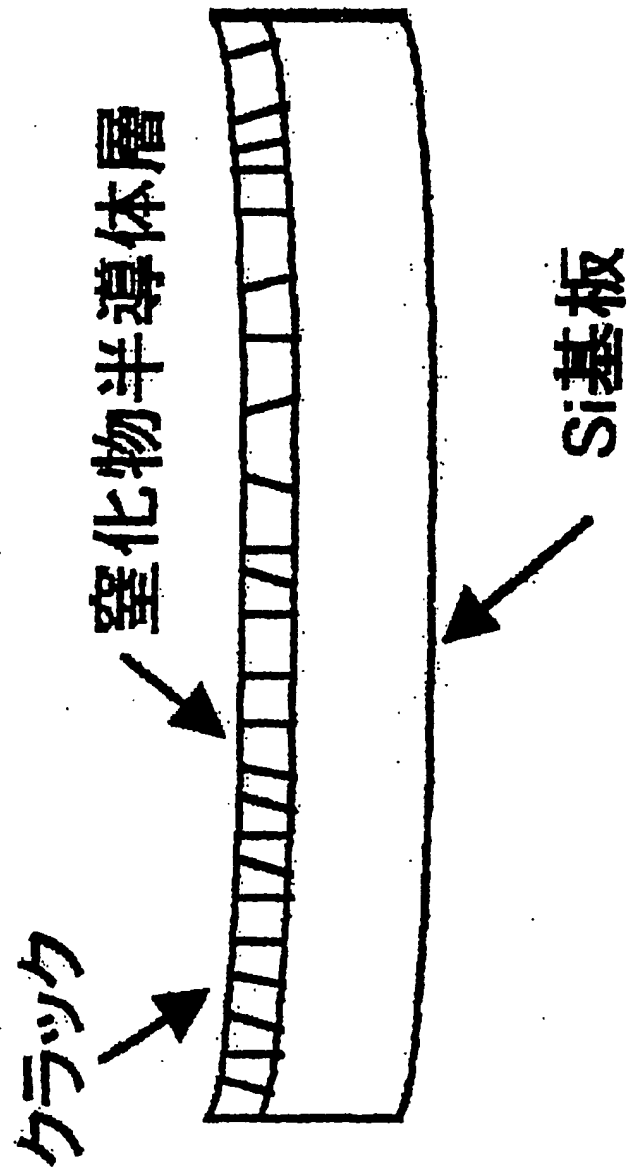
## 第2図



第3図



第4図



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP02/01168

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> C30B25/18, H01L21/205

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> C30B1/00-35/00, H01L21/205

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

|                           |           |                            |           |
|---------------------------|-----------|----------------------------|-----------|
| Jitsuyo Shinan Koho       | 1926-1996 | Toroku Jitsuyo Shinan Koho | 1994-2002 |
| Kokai Jitsuyo Shinan Koho | 1971-2002 | Jitsuyo Shinan Toroku Koho | 1996-2002 |

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CAS ONLINE, WPI

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages   | Relevant to claim No. |
|-----------|--|-----------------------|
| X         | US, 5877070, A (Max-Planck Society),<br>02 March, 1999 (02.03.99),<br>Claims 1 to 20; column 11, lines 32 to 35<br>& WO 00/19499 A1 & EP 1118108 A1            | 1-10                  |
| X<br>Y    | EP, 1014430, A1 (Hewlett-Packard Co.),<br>28 June, 2000 (28.06.00),<br>Claims 1 to 12; Par. Nos. [0002], [0007] to [0011]<br>& JP 2000-195798 A & US 6211095 A | 1-3, 5-10<br>4        |
| Y         | US, 4952446, A (Cornell Research Foundation Inc.),<br>28 August, 1990 (28.08.90),<br>Claims 1 to 8; column 5, line 56 to column 6, line 46                     | 4                     |

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

|   |  |
|---|--|
| * Special categories of cited documents:  | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention  |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance  | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone   |
| "E" earlier document but published on or after the international filing date  | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family  |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means  |  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed  |  |

Date of the actual completion of the international search  
11 March, 2002 (11.03.02)Date of mailing of the international search report  
19 March, 2002 (19.03.02)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl. <sup>7</sup> C30B25/18, H01L21/205

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))  
Int. Cl. <sup>7</sup> C30B1/00-35/00, H01L21/205

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1926-1996年  
日本国公開実用新案公報 1971-2002年  
日本国登録実用新案公報 1994-2002年  
日本国実用新案登録公報 1996-2002年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)  
CAS ONLINE, WPI

## C. 関連すると認められる文献

| 引用文献の<br>カテゴリ* | 引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示   | 関連する<br>請求の範囲の番号 |
|----------------|---|------------------|
| X              | US 5877070 A (MAX-PLANCK SOCIETY) 1999.03.02<br>請求項1-20, 第11欄第32-35行 & WO 00/19499 A1 & EP 1118108 A1                       | 1-10             |
| X<br>Y         | EP 1014430 A1 (HEWLETT-PACKARD COMPANY) 2000.06.28<br>請求項1-12, 【0002】, 【0007】 - 【0011】 & JP 2000-195798 A &<br>US 6211095 A | 1-3, 5-10<br>4   |
| Y              | US 4952446 A (CORNELL RESEARCH FOUNDATION INC.) 1990.08.28<br>請求項1-8, 第5欄第56行-第6欄第46行                                       | 4                |

☐ C欄の続きにも文献が列挙されている。

☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリ

「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの  
「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの  
「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)  
「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献  
「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの  
「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの  
「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの  
「&」 同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

11.03.02

国際調査報告の発送日

19.03.02

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号 100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三崎 仁



4G

2927

電話番号 03-3581-1101 内線 3416